

УДК 620.179.14

## МАГНИТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТОЛЩИНОМЕТРИЯ НЕМАГНИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕФОРМИРОВАННОМ И ОТОЖЖЕННОМ НИКЕЛЕ

В. И. ШАРАНДО, И. Е. ЗАГОРСКИЙ, А. А. ПОЛОНЕВИЧ

Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

В [1] нами показано, что исследования по толщинометрии гальванических никелевых покрытий на немагнитных основаниях можно вести с помощью магнитодинамического метода контроля на близких по магнитным свойствам гальваническому никелю пластинках деформированного до 33 %, а также отожженного электролитического никеля. Сигнал толщиномера МТЦ-3 [2] регистрировал изменение магнитного потока в индукционной катушке, охватывающей сопряженный со стержневым магнитом из NdFeV с энергией 45 мДж железный наконечник, при его соприкосновении с никелевыми образцами разных толщин. Измеритель остаточной намагниченности ИОН-4 [2], содержащий устанавливаемую на никелевый образец катушку без магнита, фиксировал поток индукции от магнитного пятна, оставленного указанным толщиномером.

В данной работе изучена возможность контроля с помощью приборов МТЦ-3 (магнит с энергией 30 мДж) и ИОН-4 толщин наносимых в ряде случаев на поверхность никеля защитных и упрочняющих немагнитных покрытий. Исследования проводились на образцах, использовавшихся в [1]: отожженные пластинки различной толщины из электролитического никеля были прокатаны до 33 %, затем отрезанные от них части снова отожжены при 700 °С в течение 1 ч. В качестве немагнитных покрытий использованы полимерные пленки.

Зависимость сигналов прибора МТЦ-3, в условных единицах, от толщины немагнитных покрытий на образцах деформированного до 33 % и отожженного никеля толщиной 220, 500, 730 и 1070 мкм представлена на рис. 1.

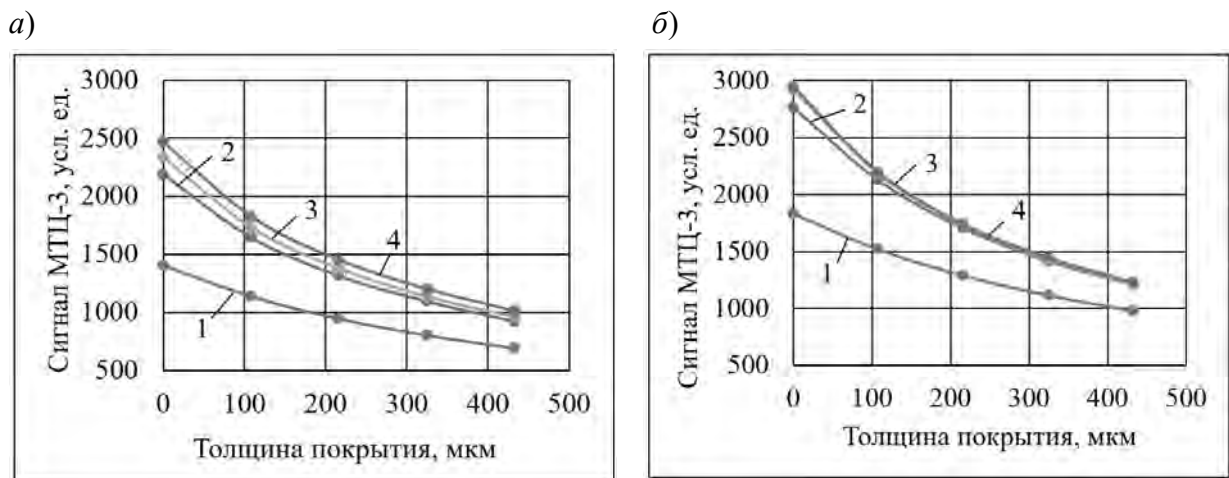


Рис. 1. Зависимость сигналов прибора ИОН-4 от толщины немагнитных покрытий на образцах деформированного до 33 % (а) и отожженного (б) никеля толщиной: 1 – 220 мкм; 2 – 500 мкм; 3 – 730 мкм; 4 – 1070 мкм

Прибор МТЦ-3 показывает для каждой из рассмотренных толщин как деформированных, так и отожженных образцов никеля плавные, однозначные зависимости от толщины накладываемых полимерных пленок. С ростом их толщины магнитный поток в сердечнике толщиномера понижается вследствие его отдаления от ферромагнетика. В целом, сигналы более высоки при отожженном никеле и для больших его толщин (кривые 3 и 4) практически совпадают. При выполненном замере толщины никелевого слоя после его нанесения всегда может быть выбрана соответствующая градуировка для контроля нанесенного в дальнейшем немагнитного покрытия.

Зависимость сигналов прибора ИОН-4, в условных единицах, от толщины немагнитных покрытий на образцах деформированного до 33 % и отожженного никеля толщиной 220, 500, 730 и 1070 мкм представлена на рис. 2.

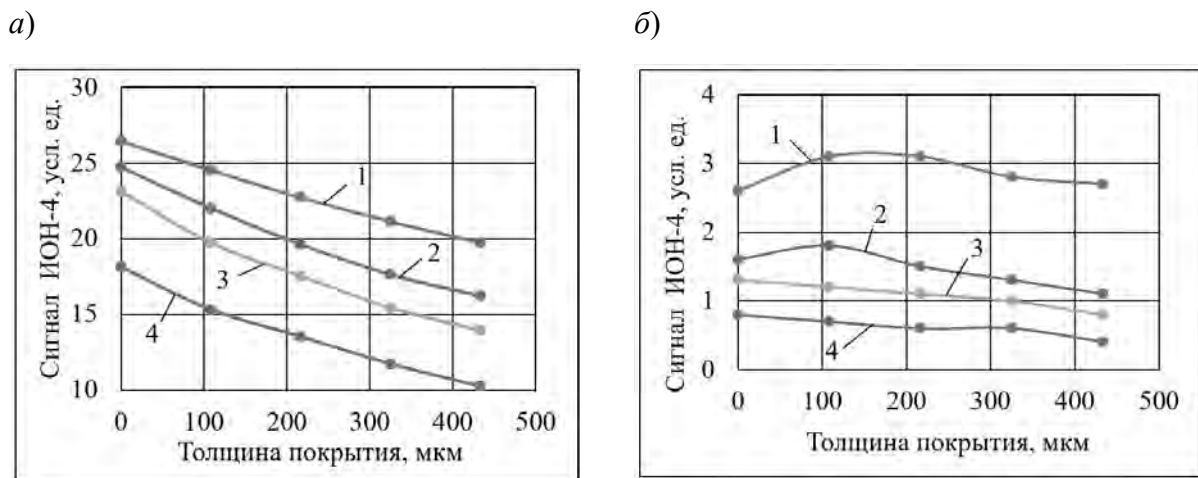


Рис. 2. Зависимость сигналов прибора ИОН-4 от толщины немагнитных покрытий на образцах деформированного до 33 % (а) и отожженного (б) никеля толщиной: 1 – 220 мкм; 2 – 500 мкм; 3 – 730 мкм; 4 – 1070 мкм

Согласно рис. 2, а, измеряемая прибором ИОН-4 остаточная намагниченность уменьшается с ростом толщины накладываемых пленок при всех исследованных толщинах деформированного никеля. Сигналы на отожженных образцах (см. рис. 2, б) показывают такую же тенденцию, однако оказываются близкими к нулевым и к порогу чувствительности прибора вследствие крайне низкой коэрцитивной силы. Это позволяет при толщинометрии использовать данные ИОН-4 в качестве основных либо корректирующих в плане оценки структурного состояния никелевого покрытия в случаях его термообработки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарандо, В. И. Магнитодинамическая толщинометрия никелевых слоев и покрытий / В. И. Шарандо, А. В. Чернышев, А. А. Полоневич // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2024 г. – Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2024. – С. 325–326.

2. Разработки лаборатории металлофизики ИПФ АН Беларуси в области неразрушающего контроля. – URL: <http://iaph.bas-net.by/lab1/products/> (дата обращения: 13.01.2026).